

LIÇÃO 12

DECODIFICADORES E DISPLAYS

Na lição anterior estudamos os registradores de deslocamento ou *shift-registers*, analisando seu princípio de funcionamento e principais aplicações. Vimos também as pinagens e características de alguns circuitos integrados de registradores de deslocamento nas tecnologias TTL e CMOS. Nesta última lição de nosso curso, analisaremos dois blocos fundamentais para o projeto de equipamentos digitais, pois eles são responsáveis pelo interfaceamento destes circuitos com o usuário e com outros circuitos. Falaremos dos decodificadores e dos *displays*.

12.1 - OS DECODIFICADORES

As informações que os circuitos digitais produzem estão na forma binária ou em outras formas que nem sempre podem ser visualizadas facilmente pelo usuário, ou ainda que não podem ser utilizadas pelos circuitos seguintes do equipamento.

Isso implica na necessidade de termos circuitos que trabalhem uma informação codificada de modo a transformá-la em outra que possa ser usada por dispositivos ou circuitos.

Podemos ter, por exemplo, a necessidade de apresentar um valor numérico na forma decimal a partir de um valor binário ou produzir um impulso em determinado endereço numa memória a partir de uma informação binária deste endereço.

Nas aplicações digitais encontramos diversos tipos de circuitos decodificadores, estudaremos os principais nesta lição.

a) Decodificador de n para 2 elevado a n linhas

Temos nesta categoria circuitos que decodificam um sinal binário de n dígitos para uma saída de 2 elevado ao expoente n. Por exemplo, para 2 dígitos ou linhas de entrada, temos 2 x 2 linhas de saída. Para 3 linhas de entrada, temos 2 x 2 x 2 linhas de saída ou 8, e assim por diante, conforme figura 1.

Para entendermos como funciona este tipo de circuito vamos pegar sua configuração mais simples com 2 linhas de entrada e 4 de saída, usando quatro portas NAND do 7400 e dois inversores do 7404, que é mostrado na figura 2.

Este circuito ativa apenas uma das saídas a partir das quatro combinações possíveis do sinal de entrada, conforme verificamos na seguinte tabela verdade:

Entradas		Saídas			
A	B	S1	S2	S3	S4
0	0	0	1	1	1
0	1	1	0	1	1
1	0	1	1	0	1
1	1	1	1	1	0

Veja que a saída ativada vai ao nível baixo quando o valor binário correspondente é aplicado à entrada.

Na prática não é preciso implementar circuitos decodificadores como este a partir de portas lógicas, pois existem circuitos integrados que já realizam estas funções. Daremos exemplos no final do artigo.

Aplicações possíveis para este circuito podem ser facilmente imaginadas pelos leitores.

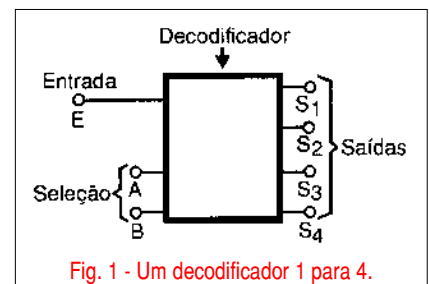


Fig. 1 - Um decodificador 1 para 4.

Na figura 3 temos um circuito em que um contador binário é ligado a um destes decodificadores de modo a fazer o acionamento sequencial de lâmpadas.

Basta ajustar a velocidade do oscilador que funciona como *clock* para determinar a velocidade do corrimento das lâmpadas, que acendem quando cada saída correspondente for ativada.

b) Demultiplexador ou DEMUX

A configuração lógica estudada no item anterior pode ser usada para realizer uma função muito interessante

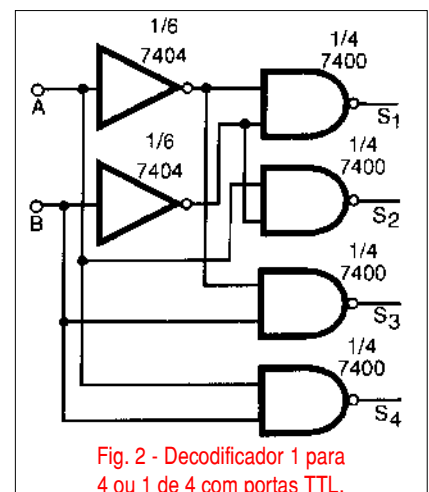
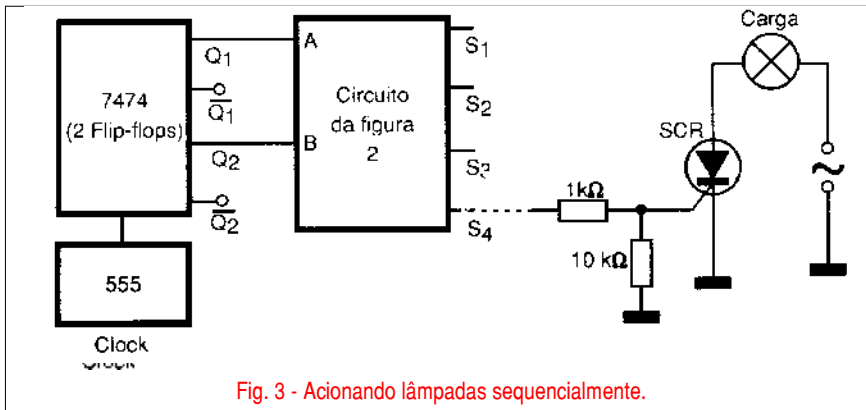


Fig. 2 - Decodificador 1 para 4 ou 1 de 4 com portas TTL.



e útil: o direcionamento de dados num circuito.

O bloco mostrado na figura 4 ilustra o que dizemos.

O fluxo de informações (tanto analógicas como digitais) aplicado a uma entrada pode ser direcionado para qualquer uma das saídas, conforme o comando aplicado à linha de seleção de dados.

Por exemplo, se na linha de seleção de dados ou controle for aplicado o valor 10, os dados de entrada serão encaminhados para a terceira linha de saída.

Na figura 5 mostramos um circuito deste tipo implementado com portas TTL e que portanto, só funciona com dados digitais.

Neste DEMUX os dados aplicados na entrada DADOS (DATA) são encaminhados para uma das saídas (S1 a S3), conforme o "endereço" aplicado nas entradas A e B.

No entanto, os dados só podem "passar" no momento em que a entrada de habilitação EN (de *enable*) for levada ao nível alto.

A tabela verdade para este circuito é dada a seguir:

End. (AB)	Dados	EN	S1	S2	S3	S4
X X	X	0	1	1	1	1
0 0	0	1	1	1	1	1
0 1	0	1	1	1	1	1
1 0	0	1	1	1	1	1
1 1	0	1	1	1	1	1
0 0	1	1	0	1	1	1
0 1	1	1	1	0	1	1
1 0	1	1	1	1	0	1
1 1	1	1	1	1	1	0

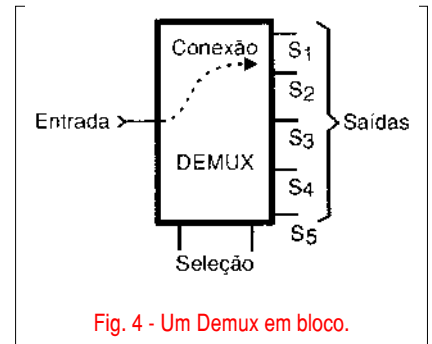
X = não importa

Também é possível encontrar diversos circuitos integrados em tecnologia CMOS ou TTL que contêm estas funções, alguns operando até com sinais analógicos.

c) Multiplexadores ou MUX

Um tipo de circuito que encontra aplicações práticas importantes em Eletrônica Digital é o que realiza a função inversa a que vimos no item anterior.

Este circuito, conforme observamos na figura 6, seleciona os sinais



de uma única entrada e aplica o nível lógico nela existente a uma saída. Em outras palavras, este circuito "lê" a informação digital presente numa saída programa e a transfere para a saída.

Este circuito recebe o nome de multiplexador ou multiplexer (MUX).

Na figura 7 temos um exemplo de aplicação implementado com funções lógicas comuns e que trabalha com 4 entradas e uma saída.

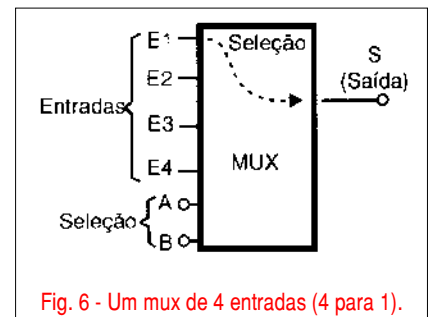
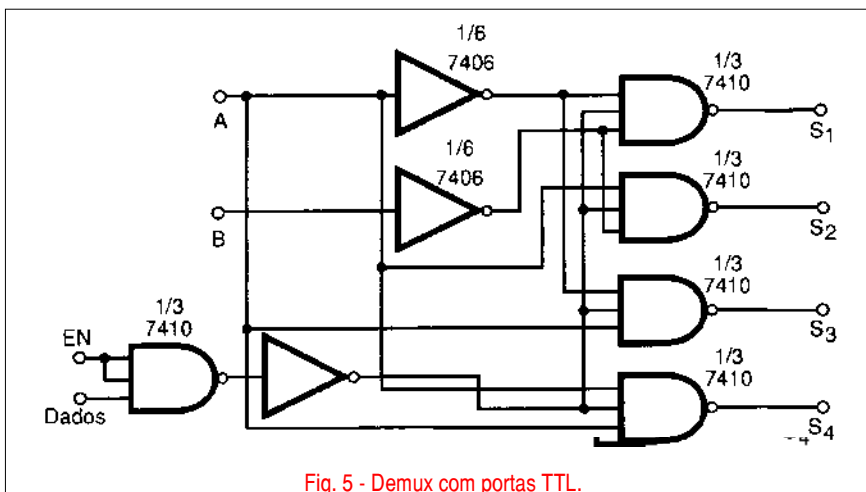
Novamente o nível lógico existente numa das entradas é transferido para a saída selecionada pelos níveis lógicos aplicados em A e B, quando a entrada de habilitação (EN) é levada ao nível alto.

Podemos elaborar a seguinte tabela verdade para este circuito:

EN	A	B	S
0	X	X	0
1	0	0	E1
1	0	1	E2
1	1	0	E3
1	1	1	E4

X = não importa

Este tipo de função também pode ser encontrada com facilidade na forma de circuitos integrados TTL e CMOS, com número de entradas que pode variar bastante conforme a aplicação desejada.



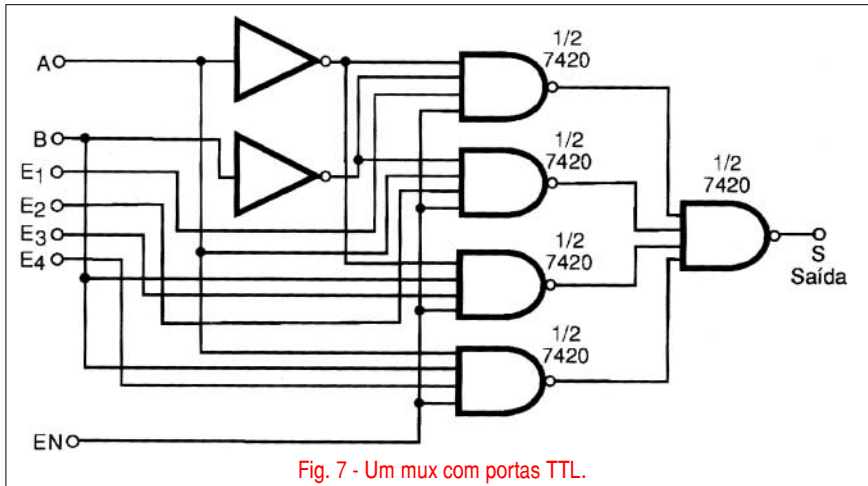


Fig. 7 - Um mux com portas TTL.

d) Decodificador BCD para 7 segmentos

Um tipo de decodificador muito usado nos projetos que envolvem Eletrônica Digital é o que faz a conversão dos sinais BCD (Decimais Codificados em Binário) para acionar um mostrador de 7 segmentos.

Podemos formar qualquer algarismo de 0 a 9 usando uma combinação

de 7 segmentos de um mostrador, observe a figura 8.

Assim, se quisermos fazer surgir o algarismo 5, bastará “acender” os segmentos a, c, d, f, g, veja a figura 9.

Como os sinais codificados em binário não servem para alimentar diretamente os mostradores, é preciso contar com um circuito que faça a conversão, verifique a figura 10.

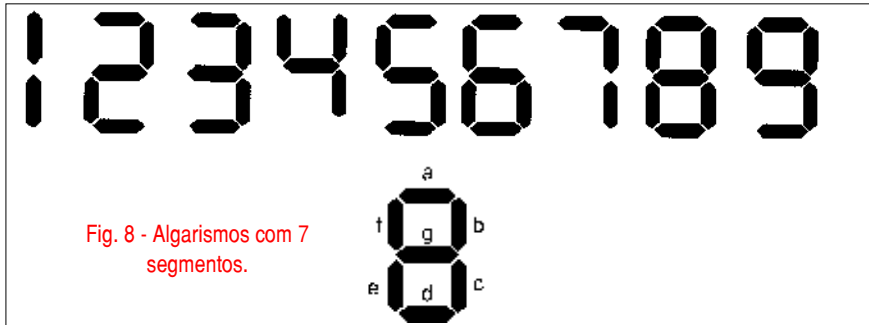


Fig. 8 - Algarismos com 7 segmentos.

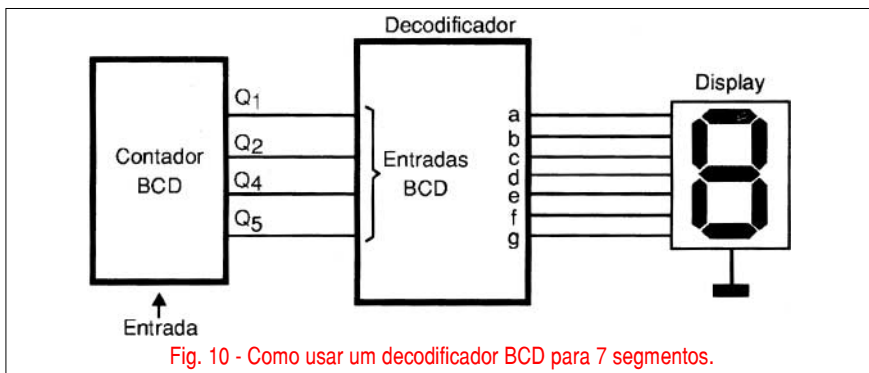


Fig. 10 - Como usar um decodificador BCD para 7 segmentos.

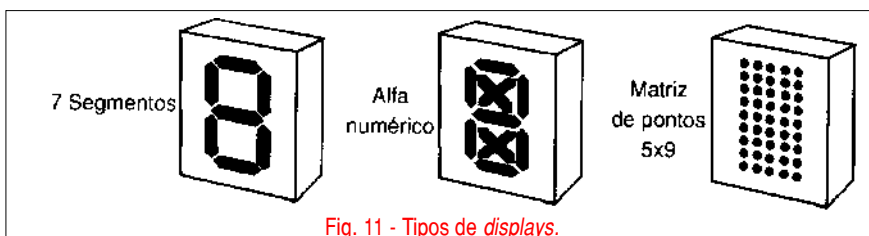


Fig. 11 - Tipos de displays.

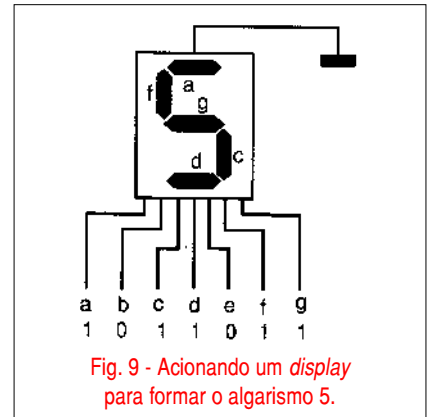


Fig. 9 - Acionando um display para formar o algarismo 5.

Este tipo de circuito decodificador conta com 4 entradas, por onde entra a informação BCD e 7 saídas que correspondem aos 7 segmentos de um mostrador que irá apresentar o dígito correspondente.

A combinação de níveis lógicos aplicada às entradas produzirá níveis lógicos de saída que, aplicados aos segmentos de um mostrador, fazem aparecer o dígito correspondente.

É preciso levar em conta que neste tipo de circuito, os segmentos de um mostrador podem ser ativados quando a saída vai ao nível alto ou quando a saída vai ao nível baixo. Isso dependerá do tipo de display, o que será estudado no item seguinte.

12.2 - DISPLAYS

Um display é um dispositivo que tem por finalidade apresentar uma informação numa forma que possa ser lida por um operador.

Podemos ter displays simples que operam na forma digital como sequências de LEDs, displays que apresentam números (numéricos), e displays que apresentam também símbolos gráficos (letras e sinais) denominados alfa-numéricos semelhantes aos mostrados na figura 11.

Alguns mais sofisticados podem até apresentar imagens de objetos ou formas, como os usados em equipamentos informatizados. O tipo mais comum de display usado nos projetos básicos de Eletrônica Digital é o numérico de 7 segmentos, de que já falamos no item anterior.

A combinação do acionamento de 7 segmentos possibilita o aparecimento dos algarismos de 0 a 9 e

também de alguns símbolos gráficos semelhantes aos apresentados na figura 12.

O tipo mais comum usado nos projetos digitais é o mostrador de LEDs, onde cada segmento é um diodo emissor de luz, sua aparência e símbolo interno são mostrados na figura 13.

Os LEDs podem ser ligados de modo a ter o anodo conectado ao mesmo ponto, caso em que dizemos que se trata de um *display* de anodo comum, ou podem ter os catodos interligados, caso em que dizemos que se trata de um *display* de catodo comum.

As correntes nos segmentos variam tipicamente entre 10 e 50 mA conforme o tipo, o que nos leva a concluir que o consumo máximo ocorre quando o dígito 8 é projetado (todos os segmentos acesos) e pode chegar a 400 mA por dígito. Alguns fabricantes podem juntar mais de um dígito num único bloco, facilitando assim os projetos, pois, na maioria dos projetos os números apresentados são maiores que 9, ver figura 14.

Outro tipo de *display* também utilizado com certa frequência nos projetos é o de cristal líquido.

Este *display* não “acende” quando excitado. Eletrodos transparentes ao serem excitados eletricamente pelo sinal do circuito fazem com que o líquido com que ele está em conta-



Fig. 12 - Símbolos gráficos em *displays* de 7 segmentos.

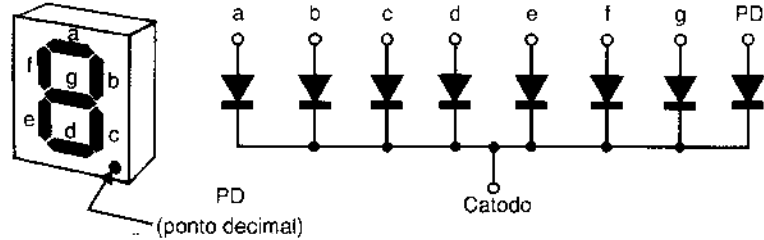


Fig. 13 - Um *display* de LEDs de catodo comum com ponto decimal.

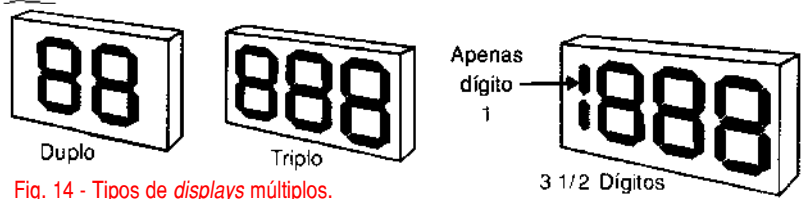


Fig. 14 - Tipos de *displays* múltiplos.

to torne-se opaco, deixando assim de refletir a luz. Desta forma, o fundo branco do material deixa de ser visto, aparecendo em seu lugar uma região preta, veja a figura 15.

As regiões formam os segmentos e conforme sua combinação temos o aparecimento dos dígitos.

No entanto, é mais difícil trabalhar com estes mostradores, pois eles exigem circuitos de excitação especiais que também são mais caros.

A principal vantagem do mostrador de cristal líquido (LCD) é seu consumo, que é centenas de vezes menor do que o de um mostrador de LEDs. Para as aplicações em que o aparelho deve ser alimentado através de pilhas ou ficar permanentemente ligado, é muito vantajoso usar o mostrador LCD.

12.3 DECODIFICADORES E CODIFICADORES TTL E CMOS

Podemos contar com uma boa quantidade de decodificadores, multiplexadores e demultiplexadores na forma de circuitos integrados TTL ou CMOS. Será interessante para qualquer praticante de Eletrônica Digital contar com um desses manuais.

No entanto, para facilitar, decreveremos alguns circuitos integrados que contêm estas funções e são mais utilizados nos projetos e aplicações práticas.

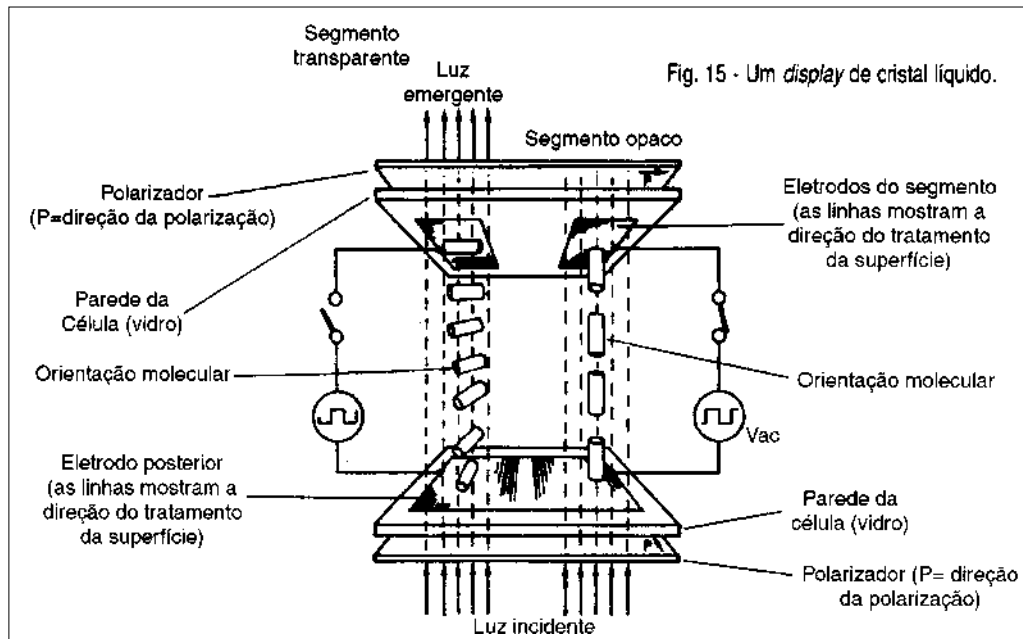


Fig. 15 - Um *display* de cristal líquido.

a) 7442 - Decodificador BCD para decimal

Este circuito integrado tem a pinagem mostrada na figura 16.

Conforme a combinação de níveis lógicos das entradas (codificadas em BCD), apenas uma das saídas irá para o nível lógico baixo. Todas as demais permanecerão no nível alto.

Se os níveis lógicos aplicados às entradas tiverem a combinação 1010 até 1111 (que correspondem de 11 a 15) nenhuma das saídas será ativada. Quando ativada, cada saída pode drenar uma corrente de 16 mA.

O circuito integrado TTL 7445 tem a mesma função, com a diferença de que possui transistores na configuração de coletor aberto na saída, podendo com isso trabalhar com tensões de até 30 V e drenar correntes de até 80 mA. A pinagem é a mesma do 7442.

b) 7447 - Decodificador BCD para 7 Segmentos

Este é um circuito TTL que possui saídas em coletor aberto capazes de drenar correntes de até 40 mA, sendo portanto indicado para excitar *displays* de LEDs de anodo comum.

Na figura 17 temos a sua pinagem.

Algumas características importantes devem ser observadas neste circuito.

Uma delas é o terminal *Lamp Test* ou teste do *display*. Colocando esta saída no nível lógico baixo (em funcionamento normal ela deve ser mantida no nível alto) todas as saídas vão ao nível baixo, fazendo com que todos os segmentos do *display* acendam. Com isso é possível verificar se ele está em bom estado.

Outra saída importante é a RBI (*Ripple Blank Input*) que faz com que

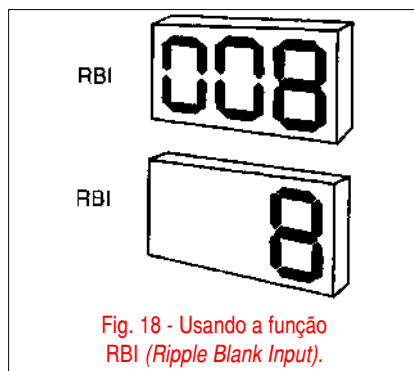


Fig. 18 - Usando a função RBI (*Ripple Blank Input*).

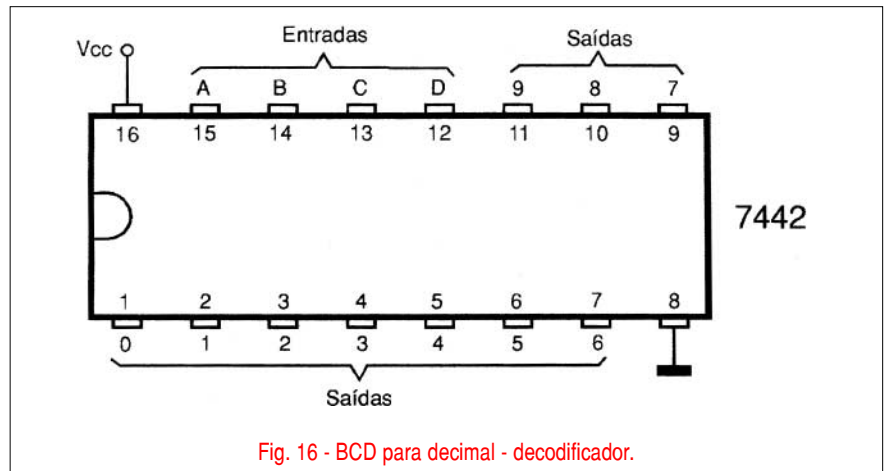


Fig. 16 - BCD para decimal - decodificador.

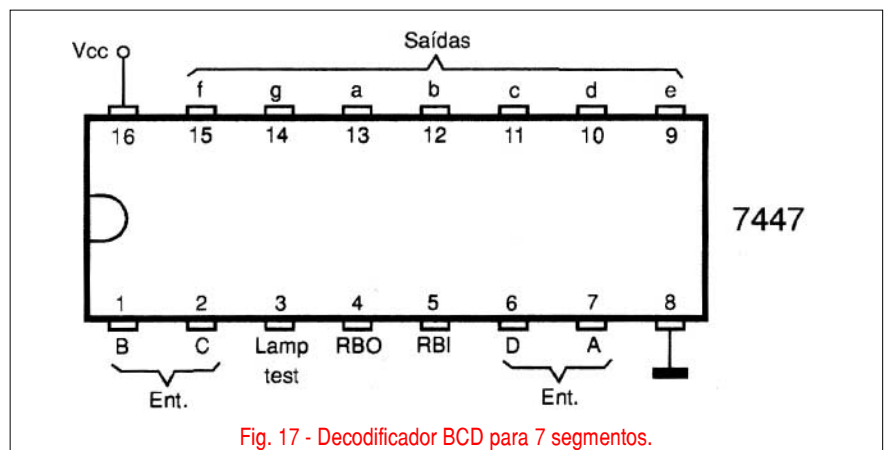


Fig. 17 - Decodificador BCD para 7 segmentos.

os zeros à esquerda sejam apagados quando são usados diversos contadores, figura 18.

Assim, em lugar de aparecer o valor 008, numa contagem aparece apenas 8.

Observe que a saída RB0 (*Ripple Blank Output*) serve para a ligação em série de diversos blocos contadores de modo a ser obtido um conjunto com vários dígitos.

c) 74150 - Seletor de dados 1-de-16

Este circuito integrado TTL consiste num multiplexador que possui 16 linhas de entrada e uma saída selecionadas pelas Linhas de Seleção. Na figura 19 temos a pinagem deste circuito integrado.

Para operação normal, a entrada de habilitação (EN) deve ser mantida no nível alto até o momento em que

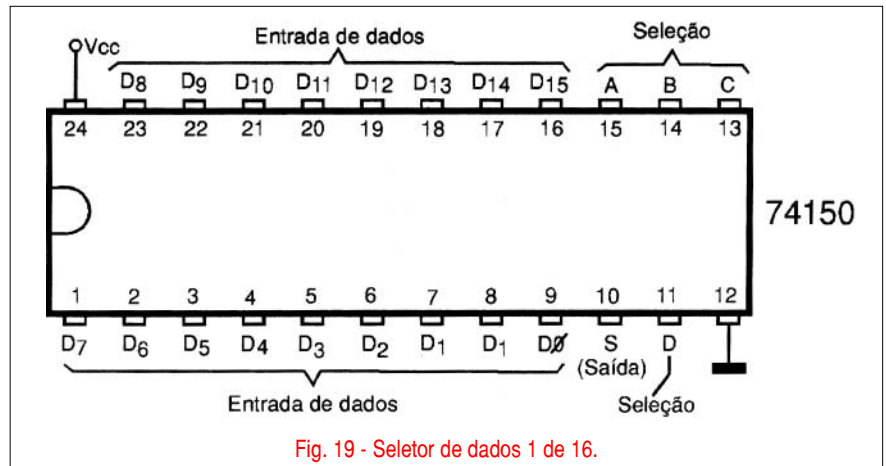
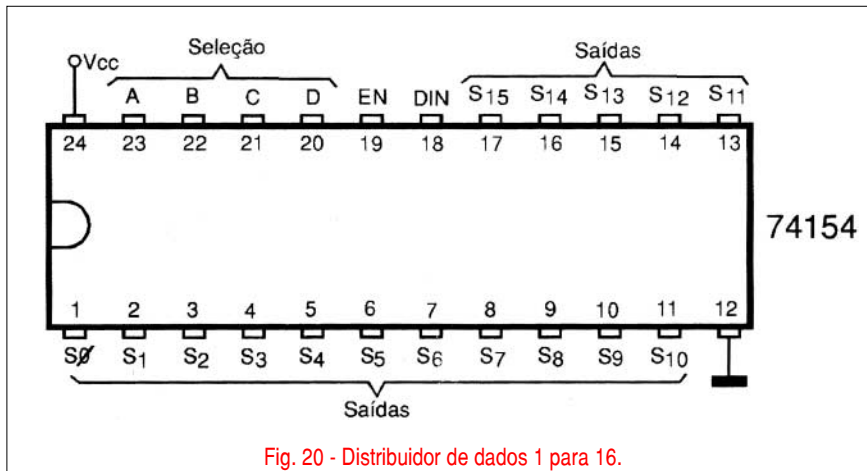


Fig. 19 - Seletor de dados 1 de 16.



os dados de uma determinada entrada devam ser levados para a saída. Qual entrada será ativada depende do código aplicado à linha de seleção. O circuito possui duas saídas. Numa delas aparece o sinal da entrada selecionada e na outra, o sinal complementar.

Circuitos semelhantes da mesma família são o 74151 que consiste num seletor 1 de 8 e o 74153 que consiste num seletor 1 de 4.

d) 74154 - Distribuidor de Dados 1-de-16

Este circuito integrado contém um DEMUX ou Demultiplexador 1 de 16 em tecnologia TTL. Sua pinagem é mostrada na figura 20.

A entrada da habilitação (EN) deve ser mantida no nível alto até o momento em que os dados da entrada devam ser transferidos para a saída selecionada.

Os circuitos integrados 74157 são distribuidores semelhantes, mas 1-de-2 e o 74155 1-de-4.

e) 4028 - Decodificador BCD para Decimal

Este é um circuito integrado CMOS com 10 saídas, onde aquela que vai ao nível alto depende da combinação dos níveis de entrada. As demais saídas permanecerão no nível baixo. A pinagem deste circuito integrado é mostrada na figura 21.

As combinações de entrada entre 1010 e 1111 que correspondem aos números de 11 a 15 não serão reconhecidas e todas as saídas permanecerão no nível baixo.

f) 4051 - Chave 1-de-8

Este circuito integrado CMOS pode chavear sinais analógicos ou digitais e tem a pinagem mostrada na figura 22.

Para utilizar este circuito com sinais digitais, a tensão de alimentação positiva pode ficar entre 5 e 12 V, enquanto que o pino 7 é aterrado.

No entanto, para operar com sinais analógicos, o pino 7 deve ser conectado a uma fonte de -5 V (fonte negativa) e o pino 8 aterrado.

Nestas condições os sinais a serem chaveados podem variar entre -5 e +5 V, enquanto os sinais de seleção podem ter nível baixo (0 V) ou nível alto (5 V).

Tanto na operação com sinais digitais como analógicos, as chaves fechadas representam uma resistência de 120 Ω e não devem ser usadas cargas com resistências inferiores a 100 Ω . A corrente máxima chaveada para os sinais não deve superar os 25 mA.

Semelhantes a este circuito em características são os:

4052 - Duas chaves 1 de 4

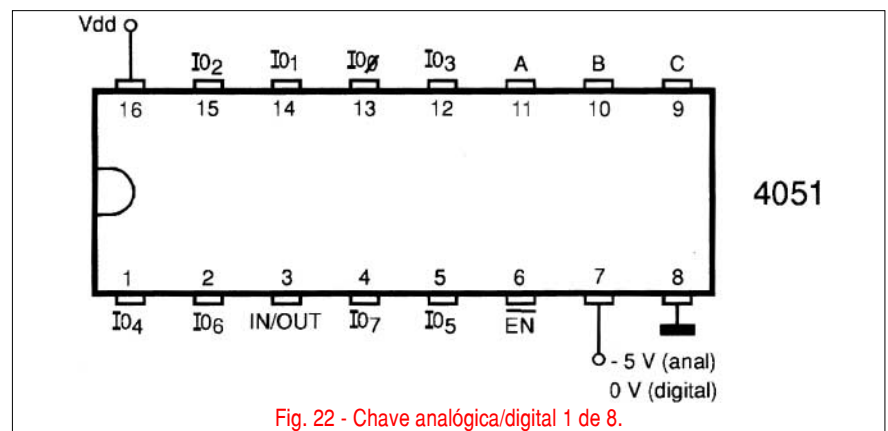
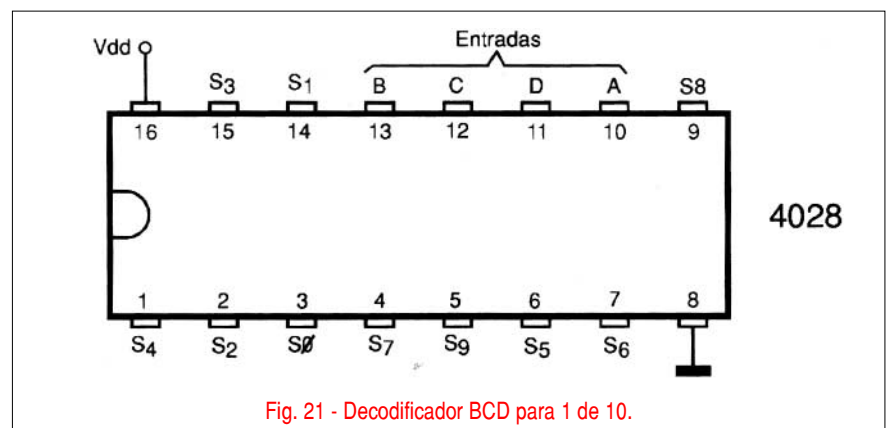
4053 - Três chaves 1 de 2

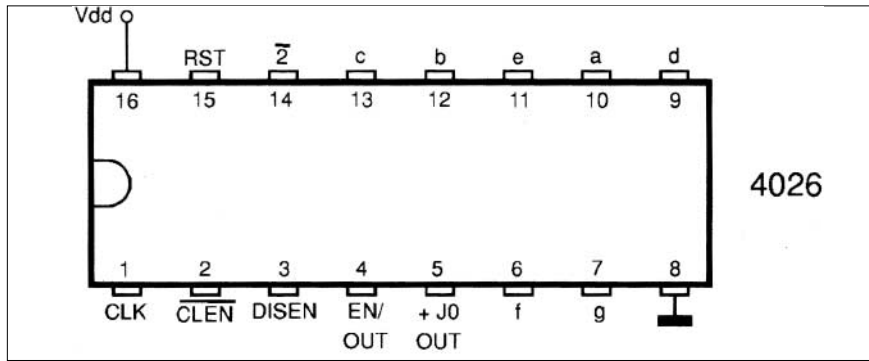
4067 - Uma chave 1 de 16

Este último circuito integrado pode funcionar como multiplexador ou demultiplexador para sinais analógicos e digitais de modo similar aos anteriores.

g) 4026 - Contador de Década com Saída de 7 Segmentos

Este importante circuito integrado CMOS tem um contador divisor por 10 e suas saídas são decodificadas.





A pinagem deste circuito integrado é mostrada na figura 23.

Na operação normal, as entradas RST (*Reset*) e CLEN devem ser mantidas no nível baixo. Um nível alto aplicado em RST resseta o contador, levando o valor da saída a 0 e ao mesmo tempo impede a contagem.

Um nível alto aplicado em CLEN (Habilitação do *Clock* ou *Clock Enable*) inibe a entrada dos sinais de *clock*. O contador é gatilhado nas transições positivas do sinal de *clock*.

No pino 5 é possível obter um sinal quadrado de 1/10 da frequência de *clock* e no pino 14 temos um sinal

que permanece no nível alto até o momento em que a contagem chega a 0010, quando passa ao nível baixo.

A entrada DISEN serve para habilitar o *display*, devendo permanecer no nível alto na operação normal. Quando esta linha vai ao nível baixo, as saídas vão todas ao nível baixo.

Este circuito é indicado para operar com *displays* de catodo comum e a corrente de saída máxima é de 1,2 mA para uma tensão de alimentação de 5 V, e 5 mA para 10 V.

A frequência máxima de operação é de 5 MHz para 10 V de tensão de alimentação e 2,5 MHz para 5 V.

QUESTIONÁRIO

1. Um circuito que joga o sinal de uma entrada em uma de 4 saídas é denominado:

- a) Multiplexador 1 de 4
- b) Demultiplexador 1 de 4
- c) Decodificador 4 por 4
- d) Decodificador BCD para 1 de 4

2. Que tipo de decodificador tem apenas uma de 10 saídas ativadas a partir de sinais BCD de entrada?

- a) Decodificador 1 de 10
- b) Demux 1 de 10
- c) Contador Johnson
- d) Decodificador BCD para 1 de 10

3. Em que tipo de *display* os catodos de todos os LEDs dos segmentos são interligados e conectados a um ponto comum?

- a) Anodo comum
- b) Cristal líquido ou LCD
- c) Catodo comum
- d) Duplo

Resposta: 1.b 2.d 3.c